

Rancang Bangun Mesin *Laser Engraving* 2-D Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno

Rian Ariana Putra¹, Ade Rukmana², Akhmad Fauzi Ikhsan³

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Garut, Jl. Jati 42-B, Garut, 44151

²Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Garut, Jl. Jati 42-B, Garut, 44151

³Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Garut, Jl. Jati 42-B, Garut, 44151

Korespondensi: r.arianaputra@gmail.com

ARTICLE HISTORY

Received:03-06-2022

Revised:19-06-2022

Accepointed:19-06-2022

Abstrak

Mesin *laser engraving* merupakan salah satu mesin yang memiliki fungsi sebagai penggores pada permukaan benda kerja dengan memanfaatkan penggunaan laser. Mesin *laser engraving* ini memiliki cara kerja yang sama dengan mesin CNC (*Computer Numerical Control*) yang menggunakan perintah *G-Code*. Mesin ini dirancang sebagai salah satu alternatif pembelajaran CNC dan pemenuhan kebutuhan produksi. Perancangan mesin ini menggunakan metode R&D dengan model *prototyping*. Mesin dirancang untuk dapat bekerja dengan perangkat lunak LaserGRBL yang mendeskripsikan perintah *G-Code* dari gambar dua dimensi. Hasil pengujian mesin dapat mengerjakan proses gravir pada dua jenis material benda kerja, yaitu kayu dengan parameter kecepatan gravir 1000 mm/menit dan daya laser 25% dan logam yang dilapisi cat anodize dengan parameter kecepatan gravir 200 mm/menit dan daya laser 100% untuk mendapatkan hasil gravir paling optimal.

Kata kunci: Arduino; *G-Code*; *Laser Engraving*.

Design and Build an Arduino Uno Microcontroller based 2-D Laser Engraving Machine

Abstract

Laser engraving machine is a machine that has a function as an etching on the surface of the workpiece by utilizing the use of a laser. This laser engraving machine has the same way of working as a CNC (Computer Numerical Control) machine that uses the G-Code command. This machine is designed as an alternative to CNC learning and fulfills production needs. The design of this machine uses the R&D method with a prototyping model. The machine is designed to work with the LaserGRBL software which describes G-Code commands from two-dimensional images. The test results of the machine can work on the engraving process on two types of workpiece materials, namely wood with an engraving speed parameter of 1000 mm/minute and a laser power of 25% and anodized paint coated metal with an engraving speed parameter of 200 mm/minute and a laser power of 100% for get the most optimal engraving results.

Key words: *arduino*; *G-Code*; *Laser Engraving*

1. Pendahuluan

Kemajuan dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini memungkinkan pemanfaatan laser pada berbagai bidang. Penerapan aplikasi *laser processing* dapat berupa *laser engraving*, *laser marking* maupun *laser cutting*. Aplikasi gravir laser menjadi hal yang biasa pada kegiatan manufaktur dewasa ini. Keunggulan penggunaan laser dibanding dengan pengerjaan secara konvensional adalah ketepatan pengerjaan lebih baik, proses gravir lebih presisi, karena dikendalikan secara otomatis menggunakan sistem *Computer Numerical Control (CNC)*. Proses gravir dengan menggunakan laser memerlukan parameter yang tepat pada sistem kendali untuk menjalankan mesin laser dengan baik dan tepat. Berdasarkan hal tersebut, untuk mendapat hasil yang baik, diperlukan kombinasi antara jenis material, kecepatan gravir, daya laser, jarak fokus antara laser head dengan benda kerja.

Dengan penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan prototype mesin gravir laser yang sederhana dengan harga terjangkau, serta mendapatkan standar parameter pengoperasian mesin yang terbaik. Mesin ini terutama dirancang sebagai sarana praktikum di lingkungan kampus atau sekolah menengah kejuruan.

Jenis laser menentukan material yang dapat diproses gravir metal dan non-metal. Daya pada laser berpengaruh pada kemampuan gravir terhadap material, kemudian jarak laser head pada mesin gravir laser berpengaruh terhadap titik fokus yang dihasilkan pada proses gravir. Sedangkan kecepatan gerak laser berpengaruh pada kekasaran hasil gravir pada permukaan benda kerja. Sehingga dengan menggunakan parameter yang tepat pada suatu jenis material, maka dapat mengurangi kerugian akibat cacat atau kerusakan yang akan timbul pada hasil proses gravir laser. Penelitian dengan pengujian kekasaran permukaan, menganalisa hasil gravir laser atau mengukur diameter dari laser yang ditembakkan ke material sangat diperlukan.

2. Metode

2.1 Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari beberapa jenis yaitu:

1. Peralatan pemesinan, yaitu gergaji, mesin bor, mata bor, perkakas kerja bangku alat ukur mekanis dan perkakas tangan pengerjaan akhir, untuk proses pembuatan komponen mekanis pada mesin.
2. Peralatan elektronik, seperti solder listrik, perangkat penyambung non permanen dan alat ukur elektronik, untuk membuat komponen elektronik pada mesin.

2.2 Bahan

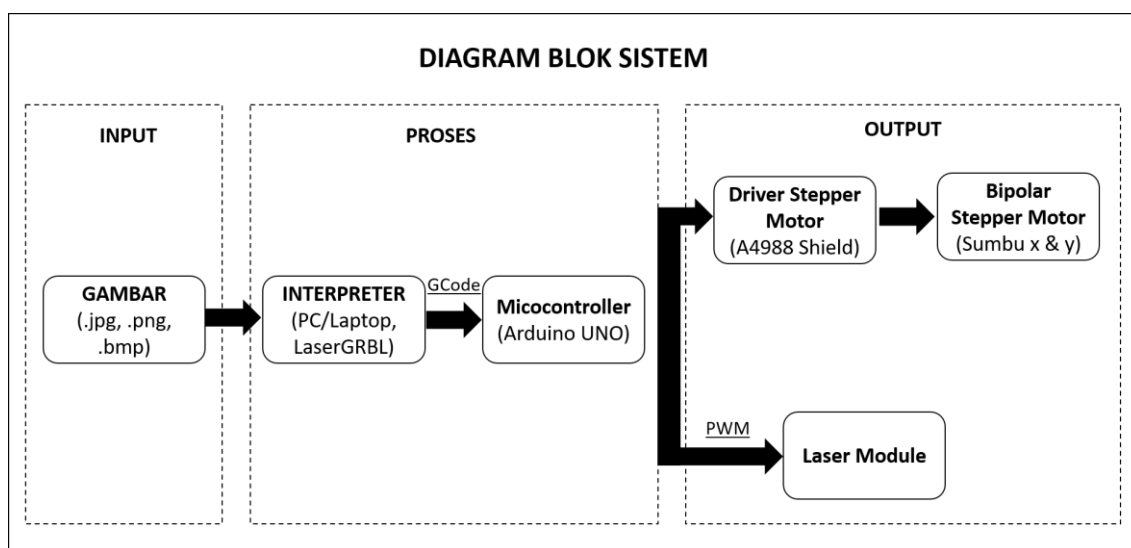
Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas tiga jenis kategori yaitu:

1. Komponen mekanis berfungsi sebagai kerangka utama (*main frame*) pada mesin, terdiri dari batang aluminium profil V, akrilik dengan ketebalan 5 mm, baut, mur, ring, *bearing*, *pulley*, *timing belt* dan *cable holder*.

2. Komponen elektronik pada mesin memiliki fungsi beragam sesuai dengan kebutuhan pada mesin yaitu: Cronos CNC Board yang berfungsi sebagai papan sirkuit utama yang menghubungkan driver aktuator dengan mikrokontroler, motor stepper bipolar yang berfungsi sebagai komponen penggerak sumbu x dan y pada mesin, modul laser 15 watt yang berfungsi sebagai aktuator laser, mikrokontroler Arduino Uno sebagai penerjemah G-Code menjadi aktuasi dan kabel penghubung setiap perangkat elektronik.
3. Komponen perangkat lunak terdiri dari dua jenis yaitu: perangkat lunak LaserGRBL sebagai interpreter gambar digital menjadi perintah G-Code sekaligus antarmuka pada mesin; dan firmware laserGRBL yang diunduh ke Arduino Uno agar dapat mengeksekusi susunan perintah G-Code dari perangkat lunak laserGRBL.

2.3 Diagram Blok Mesin Laser Engraving

Mesin laser engraving ini dirancang dengan sistem siklus *open loop* sehingga tidak terdapat penggunaan sensor pada mesin sebagai kendali umpan balik pada sistem.

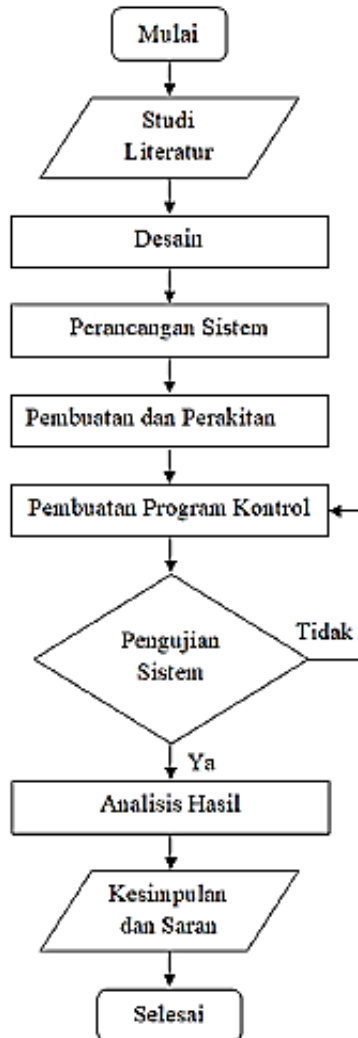


Gambar 1. Diagram Blok Mesin Laser Engraving

Mesin bekerja dengan perintah masukan berupa gambar digital (.png, .jpg) dua dimensi yang diberikan pengguna melalui perangkat lunak LaserGRBL. LaserGRBL kemudian akan menginterpretasi gambar menjadi rangkaian perintah blok G-Code untuk dikirimkan kepada Arduino melalui protokol serial (USB). Mikrokontroler kemudian mengubah blok perintah G-Code menjadi aktuasi gerakan interpolasi dan pembakaran menggunakan laser pada permukaan benda kerja. Proses pengerjaan bergantung pada banyaknya urutan perintah blok G-Code yang dikirim oleh perangkat lunak LaserGRBL. Proses pengerjaan berakhir apabila seluruh perintah blok G-Code selesai dieksekusi.

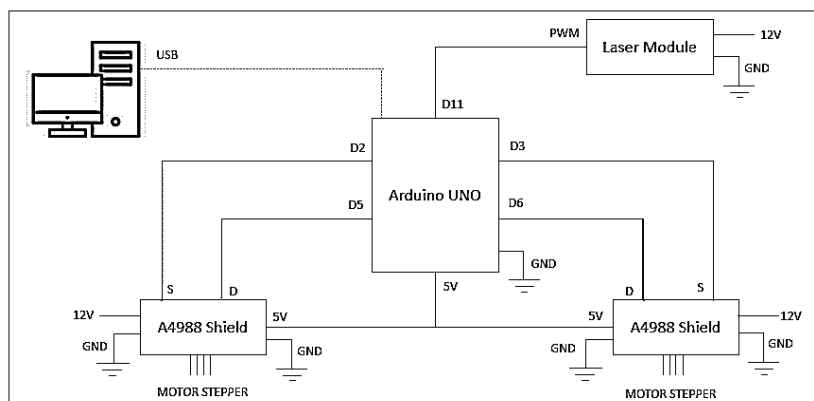
2.4 Flowchart Perancangan Mesin Laser Engraving 2-D

Tahapan yang dilakukan pada perancangan mesin laser engraving 2-D berbasis mikrokontroler Arduino uno adalah sebagaimana diperlihatkan pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir perancangan

Mesin laser engraving ini bekerja dengan mekanisme dua sumbu penggerak dan sistem kendali mesin gravir laser menggunakan mikrokontroler. Jenis kendali mesin gravir laser pada perancangan ini adalah *loop* terbuka. Dengan menggunakan mikrokontroler Arduino uno sebagai penerjemah G-Code menjadi pulsa yang dikirim ke modul laser dan driver motor stepper. Diagram skematik mesin ditunjukkan pada gambar 3.



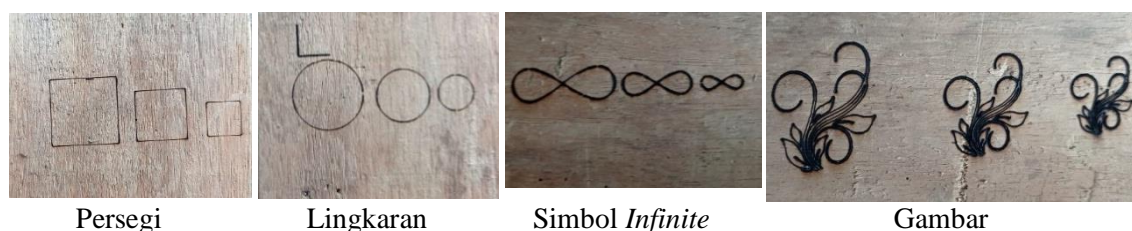
Gambar 3. Skematik rangkaian mesin laser engraving

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengujian Sistem

3.1.1 Pengujian sistem kontrol dan fungsi aktuator

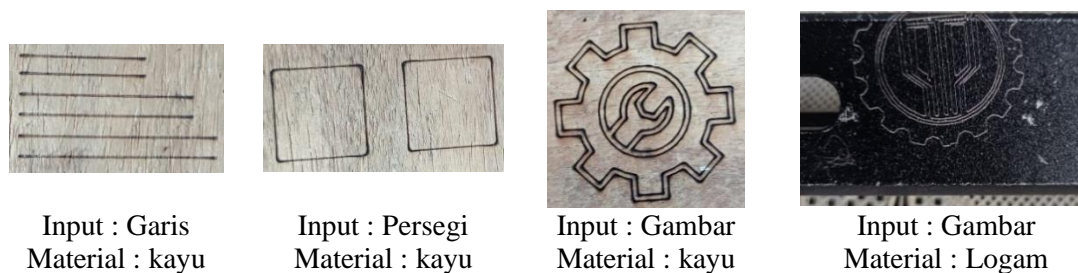
Pengujian sistem kontrol dan fungsi aktuator dilakukan dengan membuat garis vector berupa persegi, lingkaran dan gambar yang dapat dilihat pada gambar 4, dengan kecepatan gerak 1000 mm/min, daya laser 25% dan jarak laser head 20 mm.



Gambar 4. Hasil pengujian sistem kontrol dan fungsi aktuator

3.1.2 Pengujian sistem kontrol dan fungsi laser

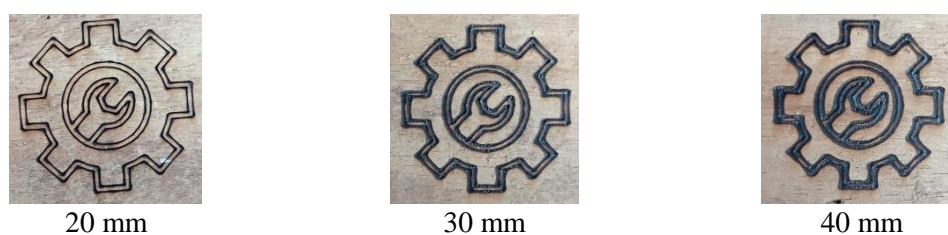
Pengujian sistem kontrol dan fungsi laser dilakukan dengan cara membuat garis, persegi dan gambar dengan hasil yang dapat dilihat pada gambar 5, dengan kecepatan gerak 1000 mm/min, daya laser 25% dan jarak laser head 20 mm.



Gambar 5. Hasil pengujian sistem kontrol dan fungsi laser

3.1.3 Pengujian kinerja dengan parameter jarak laser, daya laser dan kecepatan gerak laser

Pengujian kinerja dengan parameter jarak laser dilakukan dengan cara membuat gambar dengan hasil yang dapat dilihat pada gambar 6, dengan kecepatan gerak 1000 mm/min, daya laser 25% dan jarak laser head yang bervariasi dari 20 mm-40 mm.



Gambar 6. Hasil pengujian jarak laser terhadap benda kerja

Pengujian kinerja dengan parameter daya laser dilakukan dengan cara membuat gambar dengan hasil yang dapat dilihat pada gambar 7, dengan kecepatan gerak 1000 mm/min, jarak laser head 20 mm dan daya laser yang bervariasi dari 25 - 100 %.



25 %

Garis yang dihasilkan stabil dan cukup baik



50 %

Garis yang dihasilkan terlalu tebal



100 %

Garis yang dihasilkan terlalu tebal

Gambar 7. Hasil pengujian daya laser

3.1.4 Pengujian kepresisian

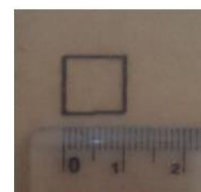
Pengujian kepresisian ukuran engraving dilakukan dengan cara membuat berbagai geometri dengan ukuran input tertentu dengan hasil yang dapat dilihat pada gambar 8, dengan kecepatan gerak 1000 mm/min, daya laser 25 % dan jarak laser head 20 mm.



Persegi ukuran 30x30 mm
(a)



Persegi ukuran 20x20 mm
(b)



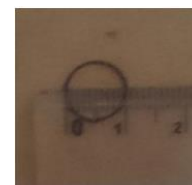
Persegi ukuran 10x10 mm
(c)



Lingkaran $d = 30$ mm
(d)



Lingkaran $d = 20$ mm
(e)



Lingkaran $d = 10$ mm
(f)

Gambar 8. Hasil pengujian kepresisian ukuran engraving

Gambar 8.a, input persegi ukuran 30x30 cm dan hasil persegi dengan ukuran 30x30 mm, Gambar 8.b, input persegi ukuran 20x20 cm dan hasil persegi dengan ukuran 20x20 mm, Gambar 8.c, input persegi ukuran 10x10 cm dan hasil persegi dengan ukuran 10x10 mm, Gambar 8.d, input lingkaran diameter 30 mm dan hasil lingkaran diameter 30 mm, Gambar 8.e, input lingkaran diameter 20 mm dan hasil lingkaran diameter 20 mm, Gambar 8.f, input lingkaran diameter 10 mm dan hasil lingkaran diameter 10 mm,

3.1.5 Pengujian material

Pengujian material dilakukan dengan cara membuat berbagai gambar pada dua materi yang berbeda yaitu kayu dan logam. Hasil pengujian material kayu dapat dilihat pada gambar 9 dengan kecepatan gerak 1000 mm/min dan jarak laser head 20 mm.



Hasil pengujian material logam dapat dilihat pada gambar 10 dengan daya laser 100% dan jarak laser head 20 mm.



3.2 Analisa Hasil Pengujian Sistem

Hasil data pengujian mesin gravir laser ini diperoleh dari beberapa tahap pengujian terhadap parameter yang sudah ditentukan seperti jarak laser, daya laser dan kecepatan gerak laser, guna mencari nilai parameter yang tepat untuk suatu material yang akan diproses gravir menggunakan laser.

3.2.1 Analisa hasil pengujian sistem kontrol dan fungsi aktuator

Gambar 4. menunjukkan hasil pengujian sistem kontrol dan fungsi aktuator yang bertujuan untuk mengetahui kesesuaian fungsi dari sistem dan pergerakan aktuator yang dirancang dengan yang dibuat. Terdapat empat jenis gambar uji yang dibuat yaitu berbentuk persegi, lingkaran, simbol infinite dan gambar kompleks dengan tiga ukuran untuk mengetahui konsistensi fungsi dari aktuator. Pada pengujian ini ditentukan beberapa parameter yaitu kecepatan gravir sebesar 1000 mm/min, daya laser 25% jarak laser heard dengan benda kerja 20mm dengan material benda kerja adalah kayu. Hasil yang didapatkan adalah mesin dapat bekerja sebagaimana mestinya tanpa ada

permasalahan, mesin dapat membuat gambar pada benda kerja sesuai dengan input yang diberikan pada antarmuka.

3.2.2 Analisa hasil pengujian sistem kontrol dan fungsi laser

Pada gambar 5. disajikan hasil pengujian sistem kontrol dan fungsi laser. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kesesuaian fungsi laser pada sistem kontrol mesin laser engraving. Pengujian ini dilakukan dengan dua jenis benda kerja yaitu kayu, dengan parameter kecepatan gravir 1000 mm/min, daya laser 25% dan jarak laser head 20mm, serta material benda kerja logam yang dilapisi cat anodize, dengan parameter kecepatan gravir 70 mm/min, daya laser 100% dan jarak laser head 20 mm. Hasil yang didapat adalah laser dapat berfungsi dengan sebagaimana mestinya sesuai dengan perintah yang diberikan oleh sistem.

3.2.3 Analisa hasil pengujian kinerja dengan parameter jarak laser head, daya laser dan kecepatan gravir

Hasil pengujian dengan beberapa parameter uji ini disajikan pada gambar 6 dan gambar 7. Benda kerja yang digunakan pada pengujian ini adalah kayu. Pada gambar 6 ditampilkan hasil pengujian dengan parameter jarak laser head terhadap benda kerja. Hasil yang didapat adalah jarak laser head 20 mm menghasilkan gravir paling baik dibandingkan dengan jarak 30 mm dan 40 mm. Pada jarak 20 mm garis yang dihasilkan cukup jelas, stabil dengan ketebalan garis 1 mm dan menghasilkan gambar yang jelas. Pada jarak 30 mm garis yang dihasilkan jelas dengan ketebalan 1,8 mm, dapat dikatakan garis yang dihasilkan terlalu tebal karena garis input pada antarmuka diatur pada ketebalan 1 mm. Pada jarak 40 mm garis yang dihasilkan jelas namun cenderung tidak stabil. Garis yang dihasilkan memiliki ketebalan bervariasi dari 1,8 mm sampai dengan 2,2 mm sehingga dapat dikatakan tidak sesuai dengan gambar yang diinput pada antarmuka.

Pada gambar 7 ditampilkan hasil pengujian dengan parameter daya laser. Material yang diujikan adalah kayu dengan variasi daya laser yang digunakan adalah 25%, 50% dan 100%. Hasil yang didapat pada pengujian ini adalah sebagai berikut:

- a. Pada daya laser 25% didapat hasil garis gravir yang stabil dengan ketebalan 1 mm. Tidak ditemukan kelebihan pembakaran yang dihasilkan, garis cenderung lebih terfokus ke satu titik sehingga gambar yang dihasilkan cukup jelas.
- b. Pada daya laser 50% hasil gravir yang didapat adalah garis yang terlalu tebal yaitu dengan kisar 1,3 – 1,5 mm sedangkan input yang diberikan adalah garis dengan tebal 1 mm. ditemukan pembakaran berlebih pada beberapa titik karena garis saling berhimpitan.
- c. Pada daya laser 100% hasil gravir yang didapat adalah garis yang terlalu tebal dengan ketebalan berkisar 1,5 – 1,9 mm. Terjadi pembakaran berlebih terutama pada garis yang saling berhimpitan sehingga gambar yang dihasilkan cenderung kurang jelas.

3.2.4 Analisa hasil pengujian kepresisian

Hasil pengujian kepresisian ditampilkan pada gambar 8. Pada pengujian ini digunakan material jenis kayu dengan parameter kecepatan gerak laser 1000mm/min, daya laser

sebesar 25% dan jarak laser terhadap benda kerja 20mm. Hasil yang didapat adalah gambar objek yang dibuat pada benda kerja sesuai dengan ukuran yang diinputkan pada antarmuka yaitu gambar persegi dengan ukuran 30 x 30 mm dengan ketebalan garis 1 mm, kemudian persegi dengan ukuran 20 x 20 mm dengan ketebalan garis 1 mm, persegi dengan ukuran 10 x 10 mm dengan ketebalan garis 1 mm, lingkaran dengan diameter 30 mm dengan ketebalan garis 1 mm, lingkaran dengan diameter 20 mm dengan ketebalan garis 1 mm, dan lingkaran dengan diameter 10 mm dengan ketebalan garis 1 mm. Semua hasil pengujian sesuai dengan input yang diberikan dengan persentase keberhasilan 100%.

3.2.5 Analisa hasil pengujian jenis material benda kerja

Gambar 9. menunjukkan hasil pengujian untuk dua jenis benda kerja yaitu kayu dan logam yang dilapisi cat anodize. Parameter yang diujikan adalah persentase besar daya untuk material kayu dan kecepatan gravir untuk material logam. Hasil yang didapat adalah pada material kayu dengan kecepatan gravir 1000 mm/min, daya laser 25% dan jarak laser head 20 mm menghasilkan gambar terbaik dengan ketebalan garis 1 mm dan gambar yang jelas. Sedangkan untuk variasi persentase daya 50 dan 100% dengan kecepatan gravir dan jarak laser yang sama dihasilkan gambar yang kurang jelas, garis yang terlalu tebal dan terjadi pembakaran berlebih terutama pada daerah dengan garis berimpit.

Pada material logam seperti ditunjukkan gambar 10. material logam yang dilapisi cat anodize didapat hasil terbaik dengan nilai parameter kecepatan gravir 200 mm/min, daya laser 100% dan jarak laser head 20 mm yang menampilkan gambar yang cukup jelas, garis dengan ketebalan 1 mm serta tidak terjadi burnout atau pembakaran berlebih. Sedangkan untuk variasi kecepatan gravir 500 mm/min, daya laser 100% dan jarak laser 20 mm dihasilkan garis yang kurang jelas dengan ketebalan kurang dari 1 mm. Untuk nilai parameter kecepatan gravir 70 mm/min, daya laser 100 % dan jarak laser 20 mm dihasilkan gambar yang cukup jelas, garis cukup tebal hanya ditemukan burnout atau pembakaran berlebih sehingga hasil yang didapat memiliki warna lebih kekuningan.

4 Kesimpulan

Mesin laser engraving ini dapat mengerjakan beberapa jenis benda kerja, diantaranya kayu dan logam yang dilapisi cat anodize dengan beberapa parameter yang disesuaikan. Material kayu akan menghasilkan pengerjaan terbaik dengan nilai parameter kecepatan gravir 1000 mm/menit dan daya laser 25% sedangkan material jenis logam yang dilapisi cat anodize akan menghasilkan pengerjaan terbaik dengan nilai parameter kecepatan gravir 200 mm/menit dan daya laser 100%. Untuk jarak antara laser head dengan benda kerja yang paling baik adalah senilai 20 mm. Hal tersebut mengingat modul laser yang merupakan perangkat optic sehingga didapat nilai *focal point*/titik fokus cahaya laser terhadap benda kerja dengan jarak 20 mm.

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih dan apresiasi yang setinggi-tingginya kami sampaikan kepada semua pihak yang krusial dalam pelaksanaan penelitian ini, sehingga penelitian dapat terlaksana dengan baik.

Daftar Pustaka

- [1] Abra-Electronics. *Stepper Motor Datasheet*. 2018.
- [2] Eleksmaker. *Laser Diode Datasheet*. 2018
- [3] Munadi, Syukri, Aulia, Setiawan, Joga Dharma, Ariyanto, Muhammad. 2018. “Rancang-bangun prototipe mesin CNC laser engraving dua sumbu menggunakan diode laser”. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, Vol. 13 No. 1 (April 2018) Hal. 32-37
- [4] Sugiyono. 2017. *Metodologi Penelitian Kualitatif, Kuantitatif dan R&D* (ed 15): Alfabeta
- [5] Sutisna, Nanang, Fauzi, Harist. 2018. “Rancang Bangun Prototipe Mesin Gravitasi Laser Berbasis Mikro-kontroler Arduino”. *Journal of Industrial Engineering, Scientific Journal on Research and Application of Industrial System*, Vol. 3, No. 2, September 2018: 90-104
- [6] Tipler, Paul A. *Fisika Untuk Sains dan Teknik Jilid 1*. Jakarta: Erlangga, 1998